

Perisian Untuk Persembahan Grafik Ukur Deformasi

Halim bin Setan, PhD
Cham Kok Yeong, BSurv
Center for Industrial Measurement and Engineering Surveying
Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi
Universiti Teknologi Malaysia Skudai

Abstrak

Kertas kerja ini membincangkan pembangunan satu perisian komputer iaitu program GPDS (Graphic Presentation for Deformation Survey). Program GPDS dapat digunakan untuk persembahan grafik bagi hasil pelarasan kuasa dua terkecil (ISE) dan analisis deformasi untuk kedua-dua data dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) dengan darjah keyakinan yang tertentu. Output daripada program ini ialah satu fail skrip yang dapat dipersembahkan secara grafik dalam perisian AutoCAD r12. Persembahan grafik dapat ditunjukkan dalam tiga paksi pandangan iaitu pelan (xy), depan (xz) dan kanan (yz). Hasil grafik yang diperolehi membuktikan kesahihan program GPDS.

1.0 PENGENALAN

Kepentingan ukur deformasi dibincangkan dalam Halim (1995b). Kaedah hitungan yang selalu digunakan dalam ukur deformasi ialah analisis dua epok, yang melibatkan pelarasan kuasa dua terkecil (least squares estimation atau LSE) data cerapan setiap epok dan diikuti dengan analisis deformasi untuk mengesan deformasi di antara dua epok (Caspary, 1987; Halim, 1997).

Persembahan grafik hasil ukur deformasi diperlukan untuk mendapatkan gambaran keseluruhan mengenai deformasi kawasan kajian. Hasil hitungan daripada LSE yang penting untuk persembahan grafik ialah kodinit x dan matriks kofaktor Q_x , manakala hasil penting daripada analisis deformasi ialah vektor anjakan d dan matriks kofaktor Q_d . Persembahan grafik selalunya ditunjukkan dalam dua dimensi (2-D), iaitu dalam bentuk ralat elip dan vektor anjakan.

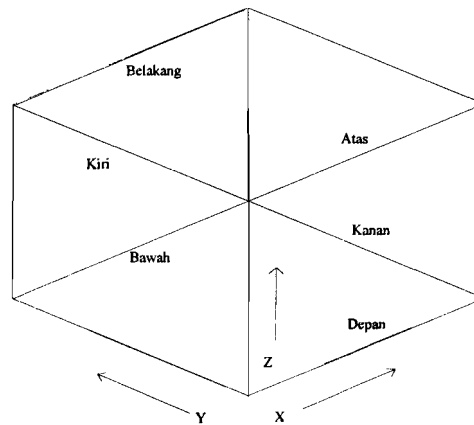
Dalam LSE, ralat elip bagi setiap titik dalam jaringan boleh dihitung berdasarkan Q_x . Ralat elip dengan darjah keyakinan yang tertentu, contohnya 95% akan menggambarkan julat kejituan kedudukan sesuatu titik. Dalam pengesanan deformasi pula, nilai vektor deformasi d menggambarkan nilai deformasi berbanding dengan elip yang dibentuk oleh matriks varians kovarian Q_d .

Untuk kegunaan ukur deformasi, persembahan grafik memerlukan bentuk yang khusus, dan perisian untuk tujuan ini masih kurang di pasaran. Selalunya, pengguna terpaksa melakukan penyuntingan ke atas grafik yang dihasilkan.

Kertas kerja ini membincangkan penghasilan satu prosidur dan perisian untuk persembahan grafik data ukur deformasi dua (2-D) dan tiga dimensi (3-D) dalam environmen Autocad. Perisian ini mengutamakan perkara seperti penggunaan komputer peribadi, tanpa penyuntingan dan *user friendly*. Autocad digunakan kerana fasiliti penyuntingan yang fleksibel dan penggunaannya yang meluas dalam bidang ukur.

2.0 KAEDAH DAN ASPEK HITUNGAN

Perkembangan zaman moden membolehkan pemprosesan data dalam 3-D (x, y, z). Walaupun begitu, persembahan grafik selalunya terhad kepada 2-D. Rajah 1 menunjukkan satu kiub yang menerangkan konsep pandangan 3-D (Halim, 1995a). Pada umumnya, pandangan boleh ditunjukkan dalam 6 seksyen iaitu atas, bawah, kanan, kiri, depan dan belakang. Dalam kajian ini, konsep pandangan 3-D digunakan dan persembahan grafik akan ditunjukkan dalam tiga paksi pandangan, iaitu paksi xy (atas atau pelan), xz (depan) dan yz (kanan). Seterusnya seksyen ini membincangkan kaedah dan aspek hitungan untuk persembahan grafik.



Rajah 1. Konsep pandangan 3-D

2.1 Pelarasan Kuasa Dua Terkecil

Hasil daripada LSE ialah parameter x dan matriks kofaktor Qx (Halim, 1995a). Komponen Qx untuk satu titik dalam 3-D ialah:

$$Qx = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y^2 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_z^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

dan

- σ = sisihan piawai
- $\sigma_x^2, \sigma_y^2, \sigma_z^2$ = varians bagi x, y dan z
- $\sigma_{xy}, \sigma_{xz}, \sigma_{yz}$ = kovarian bagi xy, xz dan yz

Matriks Qx ini akan digunakan untuk menghitung ralat elip bagi persembahan grafik. Data 3D (x,y,z) ini akan dipecahkan kepada paksi xy, xz atau yz untuk memudahkan proses perhitungan dan pemaparan grafik seperti berikut :-

(a) bagi paksi xy,

$$Q_{xy} = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

(b) bagi paksi xz,

$$Q_{xz} = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_z^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

(c) bagi paksi yz,

$$Q_{yz} = \begin{bmatrix} \sigma_y^2 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zy} & \sigma_z^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (4)$$

2.2 Analisis Deformasi

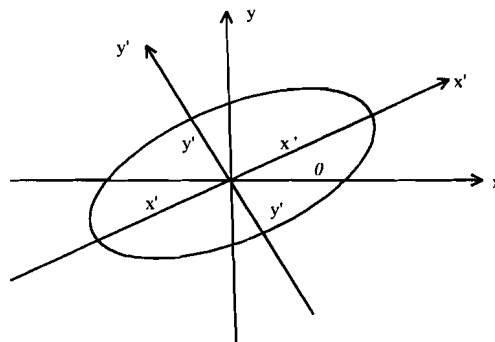
Setelah setiap epok dilaras secara berasingan dengan LSE, analisis deformasi dilakukan untuk mengesan deformasi di antara dua epok (Halim, 1995a). Hasil daripada analisis deformasi ialah vektor anjakan d dan matriks kofaktor Q_d . Oleh kerana Q_d adalah dalam 3-D, maka ia akan dipecahkan kepada paksi-paksi seperti yang dilakukan di seksyen 2.1 (persamaan 1 hingga 4) untuk persembahan grafik.

2.3 Hitungan Data Untuk Persembahan Grafik

Hitungan data untuk ralat elip dan vektor anjakan diperlukan untuk persembahan grafik.

2.3.1 Ralat Elip

Saiz, bentuk dan orientasi bagi satu ralat elip ditentukan oleh paksi semi major, paksi semi minor dan sudut putarannya (Mikhail, 1976). Ralat elip piawai ditunjukkan di dalam Rajah 2. Secara umumnya, paksi utama bagi elip iaitu x' dan y' , tidak setindih dengan paksi x dan y . Maka paksi major bagi elip iaitu x' membuat satu sudut putaran θ dengan paksi x . Ralat elip dihitung berdasarkan elemen Q_x yang ditunjukkan dalam persamaan (2), (3) dan (4).



Rajah 2: Ralat elip piawai

Formula untuk menghitung parameter asas ralat elip (iaitu paksi semi major, paksi semi minor dan sudut putaran) ialah (Mikhail dan Gracie, 1981):

$$\sigma_{x'}^2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2} + \frac{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2}{4} + \sigma_{xy}^2 \frac{1}{2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\sigma_{y'}^2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2} - \frac{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2}{4} + \sigma_{xy}^2 \frac{1}{2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

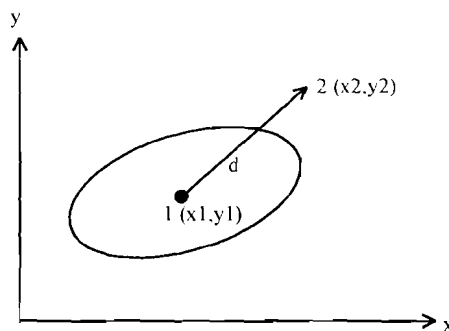
$$\tan 2\theta = \frac{2\sigma_{xy}}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Sisihan piawai $\sigma_{x'}$ dan $\sigma_{y'}$ ialah paksi semi major dan paksi semi minor masing-masing bagi ralat elip piawai. Sukuan bagi 2θ diperolehi seperti biasa mengikut tanda bagi $2\sigma_{xy}$ dan $(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)$.

Persamaan (5) hingga (7) digunakan untuk menghitung parameter-parameter asas bagi satu ralat elip pandangan pelan (paksi xy). Bagi ralat elip untuk pandangan satah yang lain iaitu pandangan depan (paksi xz) dan pandangan tepi (paksi yz) yang menggunakan matriks Qx dari persamaan (3) dan (4), persamaan yang terlibat adalah dengan menggantikan nilai x dan y dalam persamaan (5) hingga (7) dengan x dan z serta y dan z masing-masing.

2.3.2 Vektor Anjakan

Vektor anjakan d dapat dihitung dari hasil analisis deformasi. Rajah 3 di bawah menunjukkan pandangan pelan vektor anjakan dan ralat elip (Kempe, 1988).



Rajah 3: Vektor anjakan dan ralat elip

Kedudukan titik di epok pertama terletak di pusat elip [titik 1, koordinatnya (x_1, y_1)] dan anjakan dari titik ini merupakan epok kedua [titik 2, koordinatnya (x_2, y_2)]. Dari kedudukan setiap epok pertama, akan diplot anjakan vektor d. Nilai d dihitung daripada perbandingan kodinit antara epok, menggunakan formula jarak yang biasa iaitu:-

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \dots\dots\dots (8)$$

Bagi paksi pandangan yang lain, iaitu pandangan depan (dan tepi), nilai vektor anjakannya dihitung dengan menggunakan persamaan (8) di mana nilai x dan y akan diganti dengan x dan z (serta y dan z) masing-masing.

Vektor anjakan penting dalam ukur deformasi. Sekiranya vektor anjakan berada di dalam ralat elip, maka tiada deformasi yang ketara bagi titik tersebut. Sebaliknya, jika vektor anjakan terkeluar dari ralat elip, maka terdapat deformasi yang ketara.

2.4 Darjah Keyakinan

Nilai-nilai darjah keyakinan $P[U \leq c^2]$ dan faktornya, c diberikan seperti di Jadual 1.

c	$P[U \leq c^2]$
1.000	0.394
1.177	0.500
1.414	0.632
2.000	0.865
2.146	0.900
2.447	0.950
3.000	0.989
3.035	0.990
3.500	0.998

Jadual 1. Darjah Keyakinan

Bagi ralat elip piawai, nilai c ialah 1, dan kebarangkaliannya ialah 0.394 ataupun 39.4% bagi suatu titik akan terletak di dalam atau di atas ralat elip piawai tersebut. Nilai c yang selalu digunakan dalam praktis ialah 2.447 (untuk 95%) dan 3.035 (untuk 99%).

3.0 REKABENTUK PROGRAM GPDS

Implementasi konsep dan metodologi yang dibincangkan di seksyen 2.0 ialah dalam bentuk aturcara komputer yang telah dihasilkan iaitu program GPDS (*Graphic Presentation for Deformation Survey*).

Program GPDS ditulis untuk menunjukkan persembahan grafik bagi LSE dan analisis deformasi untuk kedua-dua data 3-D dan 2-D dalam pandangan tiga paksi iaitu xy, xz atau yz. Output program ini merupakan satu fail skrip yang dapat dipersembahkan secara grafik dalam perisian AutoCAD r12 (Cham, 1997).

Persembahan grafik dalam perisian AutoCAD r12 digunakan kerana perisian ini agak biasa dipakai dalam bidang geomatik atau ukur tanah dan ia berupaya menunjukkan bentuk grafik dengan berkesan serta kebolehan penyuntingan yang baik.

Secara umumnya, struktur program GPDS ditunjukkan dalam carta alir di Rajah 4. Program GPDS bersifat interaktif dan mempunyai fasiliti penyemakan data input. Untuk persembahan grafik, pengguna boleh memilih jenis analisis (LSE atau deformasi), jenis data (3-D atau 2-D), bentuk paksi (xy, xz atau yz) serta darjah keyakinan (39.5% hingga 99.8%).

Dalam program GPDS, pandangan atas (pelan), depan dan kanan boleh digunakan untuk menunjukkan ralat elip dan vektor deformasi dalam paksi xy, xz dan yz. Perisian GPDS akan mengesetkan perkara-perkara yang akan dipaparkan dengan lapisan yang berlainan dalam perisian AutoCAD r12. Seterusnya, garisan jaringan dan teks yang berkaitan seperti nombor stesen, pandangan paksi dan skala bagi grafik tersebut (termasuk skala jaringan dan skala deformasi dan elip) akan dipaparkan secara automatik. Kesemua perkara di atas boleh ditunjukkan mengikut kesesuaian hasil pelarasan (automatik) ataupun kehendak pengguna sendiri (dengan menggunakan fasiliti penyuntingan dalam autoCAD). Dengan ini pengguna dapat memilih perkara-perkara yang akan ditunjukkan di atas grafik mengikut kesesuaian.

4.0 HASIL DAN ANALISIS

Seksen ini membincangkan hasil grafik daripada GPDS yang dipaparkan dalam environmen AutoCAD.

4.1 Hasil Pelarasan Kuasa Dua Terkecil (LSE)

Rajah 5 menunjukkan satu jaringan 3D (Halim, 1995b). Rajah 6, 7 dan 8 pula menunjukkan hasil LSE dalam tiga paksi pandangan iaitu pelan, depan dan kanan. Ketiga-tiga paksi pandangan ini digunakan untuk menunjukkan ralat elip dalam paksi xy, xz dan yz (dengan darjah keyakinan 99%).

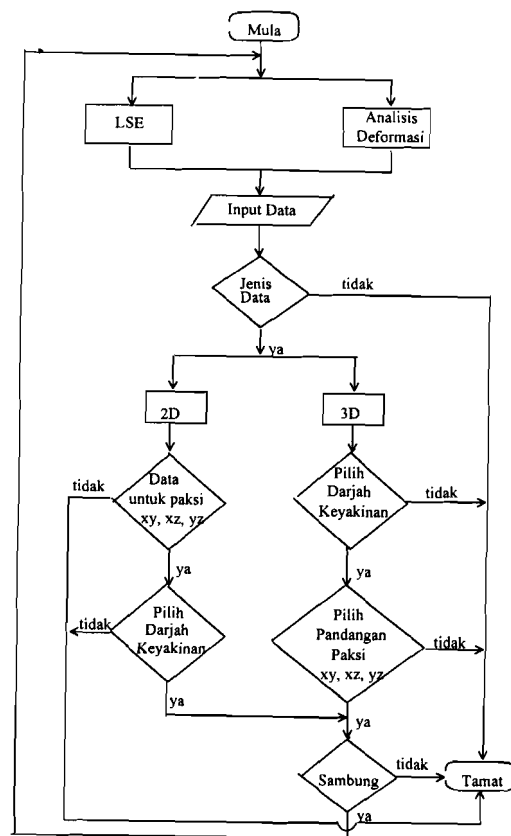
Titik datum seperti stesen 1 (dalam Rajah 6, 7 dan 8) tidak mempunyai ralat elip dan perkataan 'fix' ditunjukkan. Selain daripada itu, saiz ralat elip adalah bergantung kepada jaraknya dari titik datum. Iaitu semakin jauh sesuatu titik dari titik datum, maka saiz ralat elipnya semakin besar dan kejituan kedudukannya semakin rendah.

Kedua-dua skala samada skala untuk jaringan atau elip untuk kesemua paksi pandangan adalah tidak sama kerana skala ini telah ditentukan secara automatik dalam program GPDS. Skala ini ditentukan supaya hasil grafik yang dipaparkan bersesuaian dengan saiz kertas A4 (210 x 297mm).

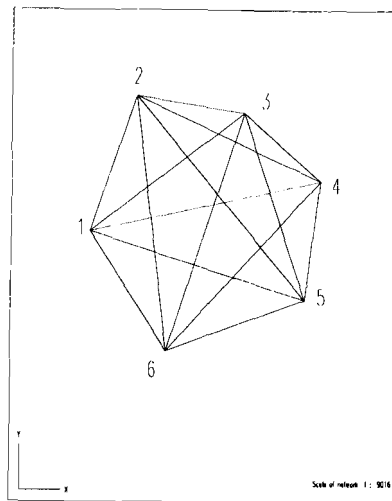
4.2 Hasil Analisis Deformasi

Persembahan grafik daripada program GPDS seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 9, 10 dan 11 jelas menunjukkan bahawa stesen 3, 5 dan 6 terletak di luar ralat elip. Rajah 9 menunjukkan pergerakan bagi stesen 3 dan 5 dalam arah xy. Rajah 10 dan 11 pula menunjukkan pergerakan bagi stesen 6 dalam arah z dan stesen 3 dalam arah xz dan yz masing-masing. Ini bermakna stesen 3, 5 dan 6 mengalami deformasi yang ketara. Rajah 12 pula menunjukkan hasil analisis deformasi untuk data 2D yang digunakan dalam Halim dan Ranjit (1997). Rajah tersebut menunjukkan pergerakan bagi stesen 4 dan 5.

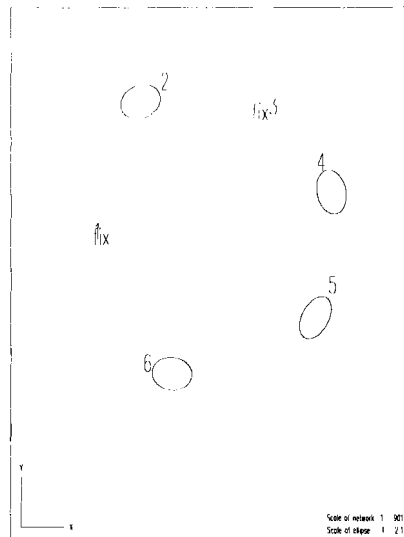
Perisian Untuk Persempahan Grafik Ukur Deformasi



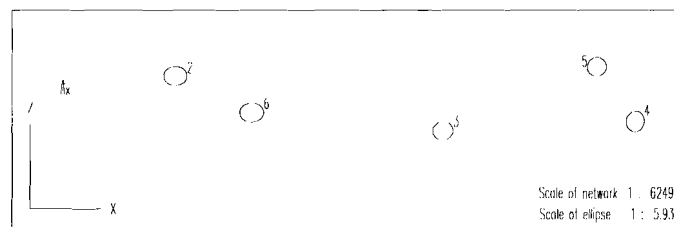
Rajah 4: Carta alir program GPDS



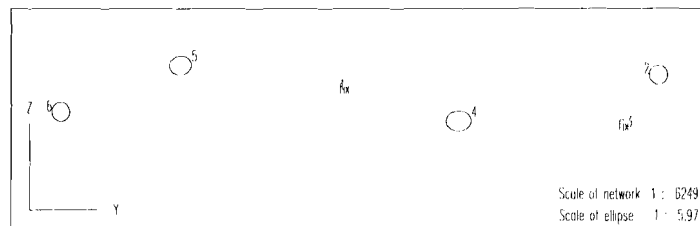
Rajah 5: Jaringan 3D (pandangan pelan)



Rajah 6: Hasil Pelarasan Kuasa Dua Terkecil (pandangan pelan)



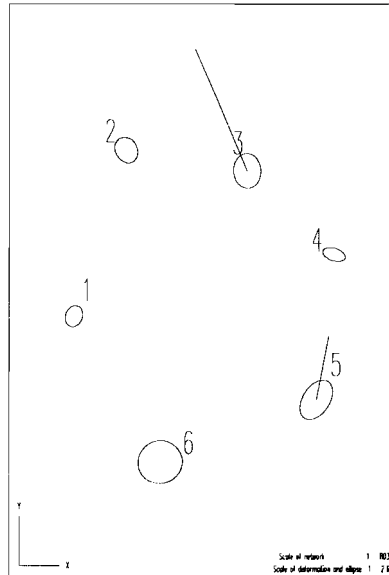
Rajah 7: Hasil Pelarasan Kuasa Dua Terkecil (pandangan depan)



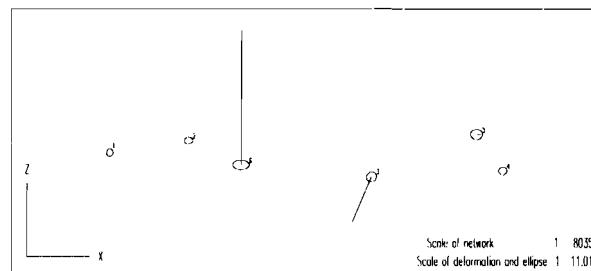
Rajah 8: Hasil Pelarasan Kuasa Dua Terkecil (pandangan kanan)

4.3 Perbandingan Hasil Program Dengan Perisian DCRE

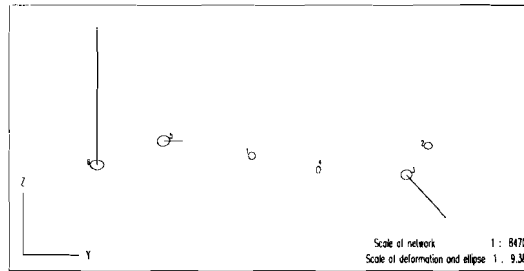
Hasil grafik dari program GPDS (iaitu Rajah 6 hingga 11) bagi kedua-dua LSE dan analisis deformasi telah dibandingkan dan disemak kesahihannya dengan hasil dari program DCRE dalam *Microstation* (Halim, 1995a). Hasil yang sama telah ditunjukkan oleh kedua-dua program GPDS dan DCRE. Ini telah membuktikan kesahihan program GPDS.



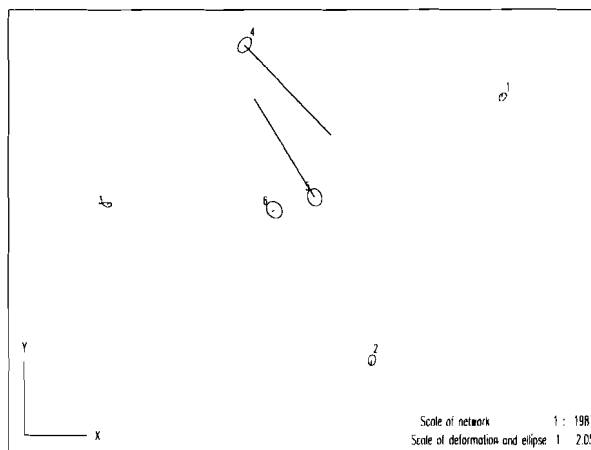
Rajah 9: Hasil Analisis Deformasi (pandangan pelan)



Rajah 10: Hasil Analisis Deformasi (pandangan depan)



Rajah 11: Hasil Analisis Deformasi (pandangan kanan)



Rajah 12: Hasil Analisis Deformasi (data 2D)

5.0 KESIMPULAN

Kajian ini tertumpu kepada pembangunan satu perisian yang dapat menunjukkan persembahan grafik bagi kedua-dua hasil LSE dan analisis deformasi iaitu program GPDS. Kedua-dua data 2D dan 3D bagi LSE dan analisis deformasi dapat digunakan dalam program GPDS untuk menghasilkan satu fail output yang bersesuaian sebagai input kepada perisian AutoCAD r12 iaitu fail skrip.

Dalam program GPDS, pandangan boleh ditunjukkan dalam tiga paksi iaitu pandangan atas, depan dan kanan di mana ianya boleh digunakan untuk menunjukkan ralat elip dan vektor deformasi dalam satah xy, xz dan yz masing-masing. Di samping itu, program GPDS juga membolehkan pengguna memilih darjah keyakinan yang dikehendaki. Darjah keyakinan yang biasa dipakai ialah 95% dan 99%. Nilai faktor bagi darjah keyakinan yang dipilih akan didarab dengan parameter-parameter ralat elip.

Hasil yang dapat ditunjukkan oleh program GPDS dalam perisian AutoCAD r12 secara grafik adalah berbeza sedikit di antara LSE dan analisis deformasi. Bagi LSE, hasil grafik yang dapat ditunjukkan termasuklah ralat elip, garisan jaringan, nombor stesen, skala jaringan, skala elip, paksi pandangan dan

jidar grafik. Bagi analisis deformasi pula, hasil grafik yang dapat ditunjukkan adalah seperti hasil bagi LSE dan ditambah dengan vektor anjakan. Kesemua parameter di atas dapat ditunjukkan dalam perisian AutoCAD r12 mengikut kesesuaian dan kehendak pengguna. Ini adalah kerana parameter-parameter tersebut telah disetkan dengan *layer* yang tertentu dalam perisian AutoCAD r12.

Hasil daripada seksyen 4.0 menunjukkan bahawa program GPDS dapat menghasilkan persembahan grafik untuk kedua-dua hasil pelarasan kuasa dua terkecil dan analisis deformasi sama ada untuk data 2D atau 3D. Kesahihan hasil program ini telah dibuktikan dengan data yang sedia ada.

Persembahan hasil untuk ukur deformasi dalam bentuk grafik adalah lebih berkesan dan memberikan gambaran yang lebih jelas berbanding dengan cara numerikal. Dengan adanya program GPDS, jurukur-jurukur dapat menjalankan kerja ukur deformasi dengan lebih menyakinkan.

Program yang dihasilkan boleh diperbaiki ataupun dimajukan supaya lebih menarik dan *user friendly*. Dalam program GPDS, skala samada skala jaringan atau skala elip dan deformasi bagi grafik yang dihasilkan adalah dihitung dan ditentukan secara automatik dalam program tersebut. Skala tersebut adalah tetap dan tidak boleh diubah. Maka kajian seterusnya yang boleh dilakukan dalam penulisan aturcara komputer ini adalah skala tersebut boleh diubah-ubah dan ditentukan mengikut kehendak pengguna.

Kajian ini menggabungkan kegunaan kedua-dua FORTRAN 77 dan AutoCAD r12. Walaupun persembahan grafik dalam perisian AutoCAD r12 adalah menarik tetapi ini telah menambahkan masa untuk memperolehi hasil yang dikehendaki. Dengan ini kajian seterusnya yang boleh dilakukan ialah pembangunan satu aturcara yang dapat memaparkan grafik secara terus di skrin komputer sebaik sahaja proses perhitungan siap dilakukan.

Hasil daripada perisian GPDS merupakan satu fail skrip yang hanya sesuai digunakan dalam perisian AutoCAD. Maka kerja seterusnya boleh dilakukan supaya hasil perisian adalah dalam format DXF yang kegunaannya lebih luas.

PENGHARGAAN

Penulisan ini ialah sebahagian daripada penyelidikan IRPA melalui vot UPP72070.

BAHAN RUJUKAN

CASPARY, W.F. (1987). *Concepts of Network and Deformation Analysis*. Monograph 11. New South Wales : The University of New South Wales.

CHAM KOK YEONG (1997). *Pembangunan Perisian Untuk Persembahan Grafik Ukur Deformasi*. Projek Sarjana Muda, Universiti Teknologi Malaysia.

HALIM B. SETAN (1995a). *Functional and Stochastic Models for Geometrical Detection of Spatial Deformation in Engineering : A Practical Approach*. Ph.D thesis, ESRC, London : City University.

HALIM B. SETAN (1995b). Design and Implementation of Computer Programs for Analysis and Detection of Spatial Deformation. *Buletin Ukur*, 6(2).

Halim Setan, Ph.D, Cham Kok Yeong, B.Surv

HALIM B. SETAN (1997). A procedure for deformation monitoring using geodetic methods. Dibentangkan di *Malaysian Science & Technology Congress '97*, Genting Highlands, 13-15 Oktober, 1997.

HALIM B. SETAN & RANJIT SINGH (1997). 2-D geometrical analysis of deformation. Dibentangkan di *Malaysian Science & Technology Congress '97*, Genting Highlands, 13-15 Oktober, 1997.

KEMPE, A.B. (1988). "Slope Stability Monitoring Using Precision and Reliability Measures Derived from Least-Squares." Dalam : CHRZANOWSKI, A. dan WELLS, W. (Eds). *5th International (FIG) Symposium on Deformation Measurement and 5th Canadian Symposium on Mining Surveying and Rock Deformation Measurements*, Canada : University of New Brunswick.

MIKHAIL, E.M. (1976). *Observations and Least Squares*. New York : University Press of America.

MIKHAIL, E.M. & GRACIE, G. (1981). *Analysis and Adjustment of Survey Measurements*, New York : Van Nostrand Reinhold.